

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 1 7 日
Date of Application:

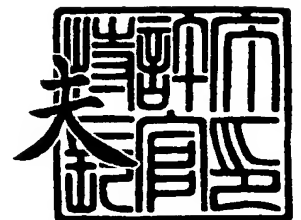
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 2 9 0 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 2 9 0 6]

出 願 人 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 16CT03014

【提出日】 平成15年 4月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 6/03

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横河メディカルシステム株式会社内

【氏名】 貫井 正健

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横河メディカルシステム株式会社内

【氏名】 谷川 俊一郎

【特許出願人】

【識別番号】 300019238

【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014890

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0015132

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 X線CT装置およびビームハードニング後処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像領域を透過するX線ビームの投影情報を、多チャンネルからなるX線検出器を用いて、多方向からの複数ビューで取得し、前記各チャンネルの検出した投影情報にビームハードニング効果の補正を行うX線CT装置であって、

前記撮像領域に配置されたファントムから投影情報を取得し、この当該投影情報から前記補正に用いる補正係数を生成する補正係数生成手段と、

第1のファントムについて前記補正係数生成手段によって生成された第1の補正係数を用いて、前記第1のファントムよりも寸法の大きい第2のファントムについて前記補正係数生成手段によって生成された第2の補正係数を修正する補正係数修正手段と、

前記第1の補正係数および修正された前記第2の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する補正手段と

を有するX線CT装置。

【請求項2】

前記補正係数生成手段は、ファントムの第1の投影情報を、すべての前記ビューで撮影し、1つのサイノグラムを取得する取得手段と、

前記第1の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成するビームハードニング補正手段と、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成する第1のフィッティング手段と、

前記第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべての前記ビューの前記第2の投影情報の値を独立変数とする前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングして前記補正係数を求める第2のフィッティング手段と

を有する請求項1に記載のX線CT装置。

【請求項3】

前記X線検出器は、所定数のチャンネルをもつ複数の検出モジュールによって構

成されており、

前記補正係数修正手段は、前記第2のファントムから得られた補正係数データから高周波成分のみを分離して前記検出モジュール毎の検出特性に依存する成分を残し、前記高周波成分が分離された係数データに前記第1のファントムから得られた補正係数データの高周波成分を合成する

請求項1に記載のX線CT装置。

【請求項4】

前記第1および第2のファントムは、円形の断面形状を備え、

前記第2のファントムの直径は、前記第1のファントムの直径よりも大きい

請求項1に記載のX線CT装置。

【請求項5】

前記検出モジュールは、チャンネル毎に一体に製造されている

請求項3に記載のX線CT装置。

【請求項6】

前記X線検出器は、シンチレータとフォトダイオードとの組み合わせによって構成されている

請求項1に記載のX線CT装置。

【請求項7】

前記X線検出器は、円筒凹面状に湾曲したX線入射面を有する

請求項1に記載のX線CT装置。

【請求項8】

前記X線検出器は、複数のX線検出素子がファンビーム状に広がるX線の広がり方向にアレイ状に配列されている

請求項1に記載のX線CT装置。

【請求項9】

撮像領域を透過するX線ビームの投影情報を、多チャンネルからなるX線検出器を用いて、多方向からの複数ビューで取得し、前記各チャンネルの検出した投影情報にビームハードニング効果の補正を行うX線CT装置のビームハードニング後処理方法であって、

第1のファントムと、前記第1のファントムよりも寸法の大きい第2のファントムとを、X線管とX線検出器との間にそれぞれ配置して、投影情報を、多チャネルからなるX線検出器を用いて多方向からの複数ビューで取得する取得ステップと、

前記第1および第2のファントムについての投影情報から、前記補正に用いる第1および第2の補正係数を生成する生成ステップと、

前記第1の補正係数を用いて、前記第2の補正係数を修正する修正ステップと

、
前記第1の補正係数および修正された前記第2の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報の補正を行う補正ステップと

を有するX線CT装置のビームハードニング後処理方法。

【請求項10】

前記取得ステップは、前記第1および第2のファントムの第1の投影情報を、すべての前記ビューで撮影し、複数のサイノグラムを取得し、

前記生成ステップは、前記第1の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべての前記ビューの前記第2の投影情報の値を独立変数とする前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングして前記第1および第2の補正係数を求める

請求項9に記載のX線CT装置のビームハードニング後処理方法。

【請求項11】

前記X線検出器は、所定数のチャンネルをもつ複数の検出モジュールによって構成されており、

前記修正ステップは、前記第2のファントムから得られた補正係数データから高周波成分のみを分離して前記検出モジュール毎の検出特性に依存する成分を残し、前記高周波成分が分離された係数データに前記第1のファントムから得られた補正係数データの高周波成分を合成する

請求項 9 に記載の X 線 C T 装置のビームハードニング後処理方法。

【請求項 1 2】

前記第 1 および第 2 のファントムに、円形の断面形状を備えるファントムを使用し、

前記第 2 のファントムの直径は、前記第 1 のファントムの直径よりも大きい
請求項 9 に記載の X 線 C T 装置のビームハードニング後処理方法。

【請求項 1 3】

前記検出モジュールは、チャンネル毎に一体に製造されている

請求項 1 1 に記載の X 線 C T 装置のビームハードニング後処理方法。

【請求項 1 4】

前記 X 線検出器は、シンチレータとフォトダイオードとの組み合わせによって構成されている

請求項 9 に記載の X 線 C T 装置のビームハードニング後処理方法。

【請求項 1 5】

前記 X 線検出器は、円筒凹面状に湾曲した X 線入射面を有する

請求項 9 に記載の X 線 C T 装置のビームハードニング後処理方法。

【請求項 1 6】

前記 X 線検出器は、複数の X 線検出素子がファンビーム状に広がる X 線の広がり方向にアレイ状に配列されている

請求項 9 に記載の X 線 C T 装置のビームハードニング後処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ファントムデータ (phantom data) に基づいて被検体の透過 X 線強度を補正するビームハードニング (beam hardening, 以下、BH と略称する) 後処理方法および X 線 C T 装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

X 線 C T 装置で用いられる X 線源は、あるエネルギー幅を持った X 線を出力す

る。他方、被検体を透過する X 線の線吸収係数は、X 線エネルギーに依存しており、被検体の透過長さが大きいほど平均エネルギーが高い方向に移動するビームハードニング効果を呈する。これにより、X 線の透過強度すなわち投影情報値と透過長さとは、比例関係が成立せず、非線形の関係となる。

この B H 効果は、再構成画像上では、中央部分の強度が低下するカップピング (cupping) 効果を生じさせ、例えば、均一な強度の再構成画像を生成する投影情報値の補正係数を、X 線検出器のチャンネルごとに求めることにより補正がなされる (例えば、特許文献 1 参照)。

しかし、さらに高精度の補正を行うために、撮像中心に配置される、F O V (撮像領域) 全体を概ね被う直径で、かつ直径の異なる複数の円筒形状のファントムを撮像し、これらファントムの投影情報から補正を精密化することが行われる。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 5-130987 号公報、(第 2～3 頁、第 1～2 図)

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、投影情報値の高精度な補正を行うには、チャンネルごとに異なる大きさの投影情報値ができるだけ多く必要であり、多種類の直径を有するファントムを撮像する必要がある。

一方、ファントムの直径が大きくなるほど、得られる投影情報値の S/N 比が低下する。S/N 比が低下した投影情報値から得られた上記した補正係数を使用して投影情報を補正すると、再構成画像にリング・アーチファクト等の画質の低下が発生しやすい。したがって、寸法の大きな被検体を撮影したときに、画質が低下しやすい。

【0005】

本発明は、上述した従来の問題に鑑みてなされたものであって、その目的は、B H 効果のチャンネルごとの補正を、比較的寸法の大きな被検体を撮影したときにおいても高精度化できる X 線 C T 装置および X 線 C T 装置のビームハードニング

後処理方法を提供することにある。

【0 0 0 6】

【課題を解決するための手段】

本発明の X 線 C T 装置は、撮像領域を透過する X 線ビームの投影情報を、多チャンネルからなる X 線検出器を用いて、多方向からの複数ビューで取得し、前記各チャンネルの検出した投影情報にビームハードニング効果の補正を行う X 線 C T 装置であって、前記撮像領域に配置されたファントムから投影情報を取得し、この当該投影情報から前記補正に用いる補正係数を生成する補正係数生成手段と、第 1 のファントムについて前記補正係数生成手段によって生成された第 1 の補正係数を用いて、前記第 1 のファントムよりも寸法の大きい第 2 のファントムについて前記補正係数生成手段によって生成された第 2 の補正係数を修正する補正係数修正手段と、前記第 1 の補正係数および修正された前記第 2 の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する補正手段とを有する。

【0 0 0 7】

好適には、前記補正係数生成手段は、ファントムの第 1 の投影情報を、すべての前記ビューで撮影し、1 つのサイノグラムを取得する取得手段と、前記第 1 の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成するビームハードニング補正手段と、前記第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って第 3 の投影情報を生成する第 1 のフィッティング手段と、前記第 2 の投影情報を構成する各チャンネルで、すべての前記ビューの前記第 2 の投影情報の値を独立変数とする前記第 3 の投影情報の値を第 2 の関数フィッティングして前記補正係数を求める第 2 のフィッティング手段とを有する。

【0 0 0 8】

さらに好適には、前記 X 線検出器は、所定数のチャンネルをもつ複数の検出モジュールによって構成されており、前記補正係数修正手段は、前記第 2 のファントムから得られた補正係数データから高周波成分のみを分離して前記検出モジュール毎の検出特性に依存する成分を残し、前記高周波成分が分離された係数データに前記第 1 のファントムから得られた補正係数データの高周波成分を合成する。

【0009】

本発明のX線CT装置のビームハードニング後処理方法は、第1のファントムと、前記第1のファントムよりも寸法の大きい第2のファントムとを、X線管とX線検出器との間にそれぞれ配置して、投影情報を、多チャンネルからなるX線検出器を用いて多方向からの複数ビューで取得する取得ステップと、前記第1および第2のファントムについての投影情報から、前記X線検出器の各チャンネルの検出する投影情報の補正に用いる第1および第2の補正係数を生成する生成ステップと、前記第1の補正係数を用いて、前記第2の補正係数を修正する修正ステップと、前記第1の補正係数および修正された前記第2の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報の補正を行う補正ステップとを有する。

【0010】

本発明では、第1のファントムおよびこの第1のファントムよりも寸法の大きい第2のファントムについて投影情報を取得し、この投影情報から補正のための第1および第2の補正係数を生成する。

ファントムの寸法が大きいほどS/N比が低下するため、第1の補正係数を用いて補正を行った場合よりも、第2の補正係数を用いて補正を行ってえたCT画像のほうがリングアーチファクトなどによる画質低下が発生しやすい。

このため、本発明では、S/N比が比較的高い投影情報から生成された第1の補正係数を用いて第2の補正係数を修正する。

この結果、大きな寸法にファントムを用いて補正係数を生成した場合であっても、精度のよい補正が可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかるビームハードニング後処理方法およびX線CT装置の好適な実施の形態について説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【0012】

まず、本実施の形態にかかるX線CT装置の全体構成について説明する。図1は、X線CT装置のブロック (block) 図を示す。図1に示すように、本装

置は、走査ガントリ (g a n t r y) 2 および操作コンソール (c o n s o l e) 6 を備えている。

【0013】

走査ガントリ 2 は X 線管 20 を有する。X 線管 20 から放射された図示しない X 線は、コリメータ (c o l l i m a t o r) 22 により、例えば扇状の X 線ビーム (b e a m) すなわちファンビーム (f a n b e a m) X 線となるように成形され、X 線検出器 24 に照射される。

【0014】

X 線検出器 24 は、ファンビーム X 線の広がり方向にアレイ状に配列された複数の X 線検出素子を有する。X 線検出器 24 は、複数の X 線検出素子をアレイ状に配列した、多チャネル (c h a n n e l) の検出器となっている。

【0015】

X 線検出器 24 は、全体として、円筒凹面状に湾曲した X 線入射面を形成する。X 線検出器 24 は、例えばシンチレータ (s c i n t i l l a t o r) とフォトダイオード (p h o t o d i o d e) の組み合わせによって構成される。なお、これに限られず、例えばカドミウム・テルル (C d T e) 等を利用した半導体 X 線検出素子または X e ガス (g a s) を用いる電離箱型の X 線検出素子であっても良い。X 線管 20、コリメータ 22 および X 線検出器 24 は、X 線照射・検出装置を構成する。

【0016】

X 線検出器 24 にはデータ収集部 26 が接続されている。データ収集部 26 は、X 線検出器 24 の個々の X 線検出素子の検出データを収集する。X 線管 20 からの X 線の照射は、X 線コントローラ (c o n t r o l l e r) 28 によって制御される。なお、X 線管 20 と X 線コントローラ 28 との接続関係およびコリメータ 22 とコリメータコントローラ 30 との接続関係については図示を省略する。コリメータ 22 は、コリメータコントローラ 30 によって制御される。

【0017】

以上の、X 線管 20 からコリメータコントローラ 30 までのものが、走査ガントリ 2 の回転部 34 に搭載されている。ここで、被検体あるいはファントムは、

回転部 34 の中心に位置するボア (b o r e) 29 内のクレードル (c r a d l e) 上に載置される。回転部 34 は、回転コントローラ 36 により制御されつつ回転し、X線管 20 から X線を爆射し、X線検出器 24 において被検体およびファントムの透過 X線を、各ビューごとの投影情報として検出する。なお、回転部 34 と回転コントローラ 36 との接続関係については図示を省略する。

【0018】

操作コンソール 6 はデータ処理装置 60 を有する。データ処理装置 60 は、例えばコンピュータ等によって構成される。データ処理装置 60 には、制御インタフェース (i n t e r f a c e) 62 が接続されている。制御インタフェース 62 には、走査ガントリ 2 が接続されている。データ処理装置 60 は制御インタフェース 62 を通じて走査ガントリ 2 を制御する。

【0019】

走査ガントリ 2 内のデータ収集部 26、X線コントローラ 28、コリメータコントローラ 30 および回転コントローラ 36 が制御インタフェース 62 を通じて制御される。なお、これら各部と制御インタフェース 62 との個別の接続については図示を省略する。

【0020】

データ処理装置 60 には、また、データ収集バッファ (b u f f e r) 64 が接続されている。データ収集バッファ 64 には、走査ガントリ 2 のデータ収集部 26 が接続されている。データ収集部 26 で収集されたデータがデータ収集バッファ 64 を通じてデータ処理装置 60 に入力される。

【0021】

データ処理装置 60 は、データ収集バッファ 64 を通じて収集した透過 X線信号すなわち投影情報を用いて画像再構成を行う。データ処理装置 60 には、また、記憶装置 66 が接続されている。記憶装置 66 は、データ収集バッファ 64 に収集された投影情報や再構成された断層画像情報および本装置の機能を実現するためのプログラム (p r o g r a m) 等を記憶する。

【0022】

データ処理装置 60 には、また、表示装置 68 と操作装置 70 がそれぞれ接続

されている。表示装置 68 は、データ処理装置 60 から出力される断層画像情報やその他の情報を表示する。操作装置 70 は、オペレータによって操作され、各種の指示や情報等をデータ処理装置 60 に入力する。オペレータは表示装置 68 および操作装置 70 を使用してインタラクティブ (i n t e r a c t i v e) に本装置を操作する。なお、走査ガントリ 2、撮影テーブル 4 および操作コンソール 6 は、被検体あるいはファントムを撮影して断層画像を取得する取得装置を構成する。

【0023】

図 2 に、データ処理装置 60 の本実施形態に係るビームハードニング後処理方法に関連する部分のみの機能ブロック図を示す。

データ処理装置 60 は、記憶装置 66 の投影情報に対して行う、BH 補正部 201、第 1 のフィッティング部 202、第 2 のフィッティング部 204、補正係数修正部 205 および画像再構成部 206 等の機能を含む。

【0024】

BH 補正部 201 は、記憶装置 66 の投影情報に BH 補正を行う。X 線検出器 24 の各チャンネルで取得される投影情報値を I_h とし、BH 補正した補正データを I_C とすると、BH 補正は次式により行われる。

【0025】

$$I_C = B_0 \cdot I_h + B_1 \cdot I_h^2 + B_2 \cdot I_h^3 + B_3 \cdot I_h^4 \dots (1)$$

【0026】

ここで、 $B_0 \sim B_3$ は補正係数である。これら補正係数は、例えば、特許文献 1 の方法により各チャンネルごとに確定され、補正係数テーブルとして記憶装置 66 の保存される。

【0027】

第 1 のフィッティング部 202 は、記憶装置 66 の投影情報の各チャンネルあるいは各ビュー間の平滑化を行う。この第 1 のフィッティング部 202 は、各チャンネル間あるいは各ビュー間での平均化演算を行うか、あるいは、チャンネル方向あるいはビュー方向の投影情報値に高次の関数をフィッティングすることにより、平滑化を行う。

フィッティングで求めた関数は、関数の次数を超える高周波成分は除去されるので平滑化と同等の効果を得る。

【0 0 2 8】

第2のフィッティング部204は、X線検出器24の1つのチャンネルが取得する、投影情報値および第1のフィッティング部202により第1の関数フィッティングされた投影情報値の間で一次あるいは高次関数のフィッティングを行う。これにより、BH補正部201で用いられる(1)式と同様の補正関数を取得することができる。

【0 0 2 9】

補正係数修正部205は、第2のフィッティング部204で得られた補正関数の補正係数を、必要な場合(ファントムの直径が大きく、S/N比が低い場合)に、第2のフィッティング部204で既に得られた他のファントムの補正関数の補正係数を用いて修正する。なお、具体的な処理については後述する。

【0 0 3 0】

画像再構成部206は、記憶装置66の複数ビューからなる投影情報であるサイノグラムを用いて、被検体あるいはファントムの断層画像を再構成する。画像再構成には、例えばフィルタード・バックプロジェクション(filtered back projection)法等が用いられ、表示装置68に再構成画像が表示される。

【0 0 3 1】

次に、上記X線CT装置1におけるビームハードニング後処理補正に必要な補正係数を求める手順の一例について図3に示すフローチャートを参照して説明する。

【0 0 3 2】

ファントムスキャン

まず、ファントムスキャンを行う(ステップS501)。具体的には、ファントムをボア29内の撮像中心からずれた位置に配置する。このファントムは、ポリプロピレン等の材質で作成された、円筒形状を有する。ファントムの直径は、種々のものが存在するが、本実施形態では、たとえば、35cmおよび48cm

のものを使用し、この順にファントムスキャンを行うものとする。

【0033】

ファントムスキャンの際に、ファントムをボア29内の撮像中心からずれた位置に配置するのは、各ビュー毎にファントムを透過するX線のパス長が異ならせることができる。投影情報値の高精度なビームハードニング効果の補正を行うには、チャンネルごとに異なる大きさの投影情報値ができるだけ多く必要であるが、ファントムをボア29内の撮像中心からずれた位置に配置することにより、1つのファントムから多数の異なる大きさの投影情報値が得られる。

【0034】

図4は、走査ガントリ2のボア29内に配置されたファントム310を示している。

ファントム310は、円形断面を有しており、その中心は、ボア29の撮像中心とは異なる場所に位置する。X線管20からボータイフィルタを透過して発生されるX線ファンビームは、ファントム310を透過して、X線検出器24で検出される。

【0035】

X線検出器24は、X線ファンビームの拡がり方向に複数のX線検出素子がアレイ状に配列されており、アレイ状の各チャンネルでファントム310の投影情報を検出する。ここで、X線管20、コリメータ22およびX線検出器24は、ボア29を中心にして対向配置されており、相対位置を変化すること無く、回転部34ごとボア29の周り回転しつつ投影情報の取得を行う。そして、この回転角度に対応したビュー番号ごとに、前記投影情報を取得し、一枚のサイノグラムを生成する。

【0036】

図5(A)は、ファントム310を用いた場合のサイノグラムの一例を示した。サイノグラムは、チャンネルの中心近傍に存在する投影情報部およびチャンネルの周辺に存在する空気データ部とからなる。ファントム310は、撮像中心からずれて配置されるので、投影情報部のチャンネル幅の位置は、回転部34の回転、すなわちビュー番号の変化と共に位置を変化させ、図5(A)に示したように、ビ

ュー番号方向に蛇行する。また、同様の理由により、ビュー番号の変化と共に、投影情報部のチャンネル幅も変化する。

【0037】

図5（B）は、図5（A）のビュー番号が j である投影情報を、横軸をチャンネル番号、縦軸を投影情報値として表示したものである。投影情報値は、ファントム 310 を透過する X 線ビームの透過長さに比例するので、ファントム 310 の中心近傍を透過する X 線は、透過長さが大きく、高い投影情報値を示し、ファントム 310 の周辺近傍を透過する X 線は、透過長さが小さく、低い投影情報値を示し、図5（B）の様な半円形の投影像を示す。

【0038】

ここで、一例として、ビュー番号が j 、チャンネル番号が i の投影情報値を示す。図4に点線で示した X 線ビームは、ビュー番号 j の場合に、X 線検出器 24 のチャンネル番号 1 に入射する。この際、X 線ビームがファントム 310 内を透過する長さを l とする。この長さ l と、図5（B）のチャンネル i の投影情報値 h は、次の関係を有する。

【0039】

$$l \propto h$$

【0040】

また、図4において、ファントム 310 は、撮像中心からずれた位置にあるので、チャンネル i の透過長さ l は、ビューごとに変化する。したがって、図5（B）に示した、チャンネル i の投影情報値 h もビューごとに変化する。

【0041】

また、図5（C）は、図5（A）のチャンネル番号が i の投影情報値を、横軸をビュー番号、縦軸を投影情報値として表示したものである。投影情報値は、ビュー番号ごとに異なる、ファントム 310 を透過する X 線ビームの透過長さに比例するので、図5（C）に示した様な周期性のある関数となる。

【0042】

ここで、図6は記憶装置 66 内に生成される各ファイルを示すブロック図である。

上記のファントムスキャンによって、図6に示す第1の投影情報601が得られる。

【0043】

前処理

次いで、ファントムスキャンによって得られたサイノグラムに対して前処理を行う（ステップS502）。

前処理は、第1の投影情報からなるサイノグラムに対して、ノイズ（noise）除去および感度補正等の処理を行う。

【0044】

BH補正

次いで、上記した（1）式を用いて、投影情報値 I_h にBH補正を行い、補正された投影情報値 I_c を求める（ステップS503）。

これにより、図6に示す第2の投影情報602が生成される。このファイルでは、BH効果は、概ね除去されるが、X線検出器24の個々のチャンネル毎のばらつきに起因する若干のBH効果が残存する。

【0045】

図7（A）に第2の投影情報602の例を模式的に示した。概ね円形ファントムの投影情報である半円形の形状を有しているが、チャンネルによっては、X線感度の違い等により、パルス（pulse）状に投影情報値 I_c が変化する。これらはチャンネル固有の現象であるのでチャンネルごとに補正する必要がある。

また、図8（A）に第2の投影情報602の1つのチャンネルのビュー方向の投影情報値の例を模式的に示した。ビュー番号によっては、投影情報値 I_c がパルス状に変化する。

【0046】

チャンネル方向の平滑化

次いで、第2の投影情報602を用いて、第1のフィッティング部202によりチャンネル方向の平滑化を行う（ステップS504）。

これにより、図6に示す第3'の投影情報603が生成される。この第3'の投影情報603では、チャンネルごとのばらつきに起因する投影情報値 I_c が平滑

化されて除去される。図7 (B) に第3'の投影情報603の例を模式的に示した。円形ファントムの投影情報である半円形の形状のみが投影情報として求まる。

【0047】

ビュー方向の平滑化

次いで、第3'の投影情報603を用いて、第1のフィッティング部202によりビュー方向の平滑化を行う (ステップS505)。

これにより、図6に示す第3の投影情報604が生成される。この第3の投影情報604では、1つのチャンネルで生じるビューごとのばらつきに起因する投影情報値が平滑化される。

図8 (B) に第3の投影情報の例を模式的に示した。1つのチャンネルのビュー方向の周期的な投影情報値が平滑化される。

【0048】

補正係数の算出

次いで、第2のフィッティング手段204を用いて、第2の投影情報602および第3の投影情報603から補正係数を求める (ステップS506)。

ここで、チャンネル番号が*i*の第2の投影情報の投影情報値を*S* (*j*)、第3投影情報の投影情報値を*F* (*j*) とする。そして、すべてのビュー番号での投影情報値を、横軸を*S* (*j*)、縦軸を*F* (*j*) として図示すると図9 (A) に示すように、概ね原点を通る直線上に配置される。この直線をチャンネル*i*の補正関数とし、この直線の傾きを*K_{1 i}*とすると、この*K_{1 i}*は、図6に示した補正係数情報605となる。また、*S* (*j*) と*F* (*j*) との間には、次式の関係がある。

【0049】

$$F(j) / S(j) \doteq K_i$$

【0050】

なお、被検体から得られるBH補正後のチャンネル*i*の投影情報値*I_c*にこの一次の補正係数*K_i*を乗算したものが、被検体の平滑化された補正後の投影情報値*I_p*となる。

また、図9 (A) で示した、投影情報値*S* (*j*) の大きさおよび値の取得範囲

は、投影情報値の大きさが図 4 で示した透過長さ 1 に比例するので、ファントム 3 1 0 の直径およびボア 2 9 内のファントム位置に依存する。

【 0 0 5 1 】

次いで、上記の補正係数 K_i は、補正係数情報 6 0 5 として、記憶装置 6 6 に保存される（ステップ S 5 0 7）。

次いで、異なるサイズのファントムについてさらにデータを収集するか否かを決定する（ステップ S 5 0 8）。

たとえば、上記した直径が 3 5 c m のファントムについての補正係数情報が得られた後、直径が 4 8 c m のファントムについての補正係数情報を取得したい場合には、X 線 C T 装置 1 に直径 4 8 c m のファントムを設置し、上記の各ステップ S 5 0 1 ～ S 5 0 7 の処理を再び行う。

【 0 0 5 2 】

ここで、図 1 0 は、チャンネル毎の補正係数情報 6 0 5 の一例を示すグラフであって、（a）は直径 3 5 c m のファントムについての補正係数であり、（b）は直径 4 8 c m のファントムについての補正係数である。

直径 3 5 c m と直径 4 8 c m のファントムの補正係数は、対応するチャンネルにおいて近似した特性をもつが、直径 4 8 c m のファントムのほうが値は大きい。

【 0 0 5 3 】

X 線検出器 2 4 は、所定数のチャンネルをもつ複数の検出モジュールによって構成されている。この検出モジュールは、たとえば、1 6 のチャンネル毎に一体に製造されている。1 6 チャンネルをもつ検出モジュールを所定数配列することにより、X 線検出器 2 4 が構成される。

このため、同じ検出モジュール内の各チャンネルの検出値は、同様な検出特性をもつ。すなわち、検出モジュール毎に検出特性が異なる。

【 0 0 5 4 】

X 線検出器 2 4 の上記のような特性から、図 1 0 （a）, （b）に示すように、チャンネル順に並べられた補正係数の値には、モジュール毎の検出特性に依存する成分が含まれる。

また、図 1 0 (a) , (b) から分かるように、チャンネル順に並べられた補正係数の値は、チャンネル毎の検出特性に依存した高周波成分も含まれる。

【 0 0 5 5 】

ところで、ファントムの直径が大きくなるほど、X線検出器 2 4 が検出する投影情報の S / N 比は低下し、各チャンネル毎に検出した投影情報の精度が低くなる。すなわち、図 1 0 (b) に示す補正係数の値に含まれる高周波成分には、(a) に示す高周波成分よりも多くのノイズが含まれている。

このため、たとえば、直径 4 8 c m のファントムの補正係数をそのまま用いると、再構成した画像にリング・アーチファクト等の欠陥が発生する可能性がある。

【 0 0 5 6 】

補正係数の修正

直径 4 8 c m のファントムについて、各ステップ S 5 0 1 ~ S 5 0 7 の処理により補正係数情報 6 0 5 が得られた後には、上記の処理により得られた補正係数情報 6 0 5 の修正処理を行うか否かを判断をする (ステップ S 5 0 9) 。

このとき、図 1 0 (b) に示すような S / N 比の低い補正係数情報 6 0 5 については、補正係数情報 6 0 5 の修正を行う。また、寸法の小さい直径 3 5 c m のファントムについては修正を行わない。

【 0 0 5 7 】

図 1 1 は、補正係数情報 6 0 5 の修正処理方法の一例を説明するためのグラフである。

図 1 1 (a) に示す S A は、図 1 0 (b) に示した直径 4 8 c m のファントムの補正係数から高周波成分を除去したのちの補正係数である。

この補正係数 S A は、検出モジュール毎の検出特性に応じた成分は含んでいるが、S / N 比を低下させる原因となるチャンネル毎の検出特性に応じた高周波成分を含んでいない。

【 0 0 5 8 】

図 1 1 (b) に示す S B は、図 1 0 (a) に示した直径 3 5 c m のファントムの補正係数の高周波成分を分離した波形である。

波形 S B は、直径 3 5 c m のファントムから得られた、チャンネル毎の検出特性に応じた高周波成分であり、直径 4 8 c m のファントムに含まれる高周波成分よりもノイズの混入割合が低い。

【 0 0 5 9 】

本実施形態の補正係数情報 6 0 5 の修正処理では、図 1 1 (c) に示すように、高周波成分を除去したのちの補正係数 S A に、直径 3 5 c m のファントムから得られた高周波成分 S B を合成し、これを新たな補正係数 S C とする。

これにより、直径 4 8 c m のファントムから得た補正係数情報の精度を向上させることができる。なお、図 6 に示すように、修正された補正係数情報は修正補正係数情報 6 0 6 として記憶装置 6 6 に記憶される。

【 0 0 6 0 】

図 1 2 に、2 つの異なる直径 (3 5 c m と 4 8 c m) のファントムを用いた場合に求められた補正係数の例を示す。

図 1 2 において、領域 A は直径 3 5 c m のファントムの投影情報値であり、領域 B は直径 4 8 c m のファントムの投影情報値である。

【 0 0 6 1 】

高次フィッティング

次いで、直径 3 5 c m のファントムから得られた補正係数と、直径 4 8 c m のファントムの修正した補正係数に対して高次関数のフィッティングを行う (ステップ S 5 1 1) 。

図 1 3 に、図 1 2 に示した補正係数情報を用いた場合の高次フィッティングの例を示す。

領域 A の補正係数の値および領域 B の補正係数の値に対して、次式 (2) に示す、3 次のフィッティング関数をフィッティングし、補正係数 K 0 , K 1 および K 2 を決定する。

【 0 0 6 2 】

$$I f = K 0 \cdot S (j) + K 1 \cdot S (j) ^ 2 + K 2 \cdot S (j) ^ 3 \cdots (2)$$

【 0 0 6 3 】

なお、この際、投影情報値の小さい領域 A の補正係数は、投影情報値の大きい

領域Bの補正係数より精度が高いと考えられるので、領域ごとに重み付けを行い、領域Aでより高精度にフィッティングするように式（2）の補正係数を決めることもできる。

【0 0 6 4】

次いで、図6に示すように、補正係数 K_0 、 K_1 および K_2 の値からなる高次補正関数情報607を記憶装置66に保存し（ステップS509）本処理を終了する。

なお、被検体の撮像を行う際には、被検体のBH補正が行われた投影情報値 I_c に対して、各チャンネルごとの補正係数 K_0 、 K_1 および K_2 を用いて、式（2）から補正された投影情報値 I_f を求める。そして、これら投影情報値 I_f を、画像再構成部206により、画像の再構成を行い断層画像情報を取得する。

【0 0 6 5】

以上のように、本実施形態では、寸法の大きなファントムを使用して得たS/N比の低い補正係数情報を、このファントムよりも小さなファントムを使用して得たS/N比の高い補正係数情報を使用して修正する。この結果、BH補正後に行うこの投影情報値のチャンネルごとの補正において、高精度な補正が可能になる。

【0 0 6 6】

【発明の効果】

本発明によれば、寸法の大きい被検体から得られる投影情報の補正精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

X線CT装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】

データ処理装置を示す機能ブロック図である。

【図3】

データ処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図4】

ファントムのサイノグラムおよび投影情報値を示す図である。

【図 5】

ファントムと回転部の位置関係を示す図である。

【図 6】

記憶装置内のファイルを示すブロック図である。

【図 7】

投影情報値のチャンネル方向の処理を示す図である。

【図 8】

投影情報値のビュー方向の処理を示す図である。

【図 9】

投影情報値の補正係数の一例を示す図である。

【図 1 0】

異なる直径のファントムから得られた投影情報値の補正係数の一例を示す図である。

【図 1 1】

補正係数情報の修正処理方法の一例を説明するためのグラフである。

【図 1 2】

2 つの異なる直径のファントムを用いた場合に求められた補正係数の例を示すグラフである。

【図 1 3】

高次フィッティングの一例を示すグラフである。

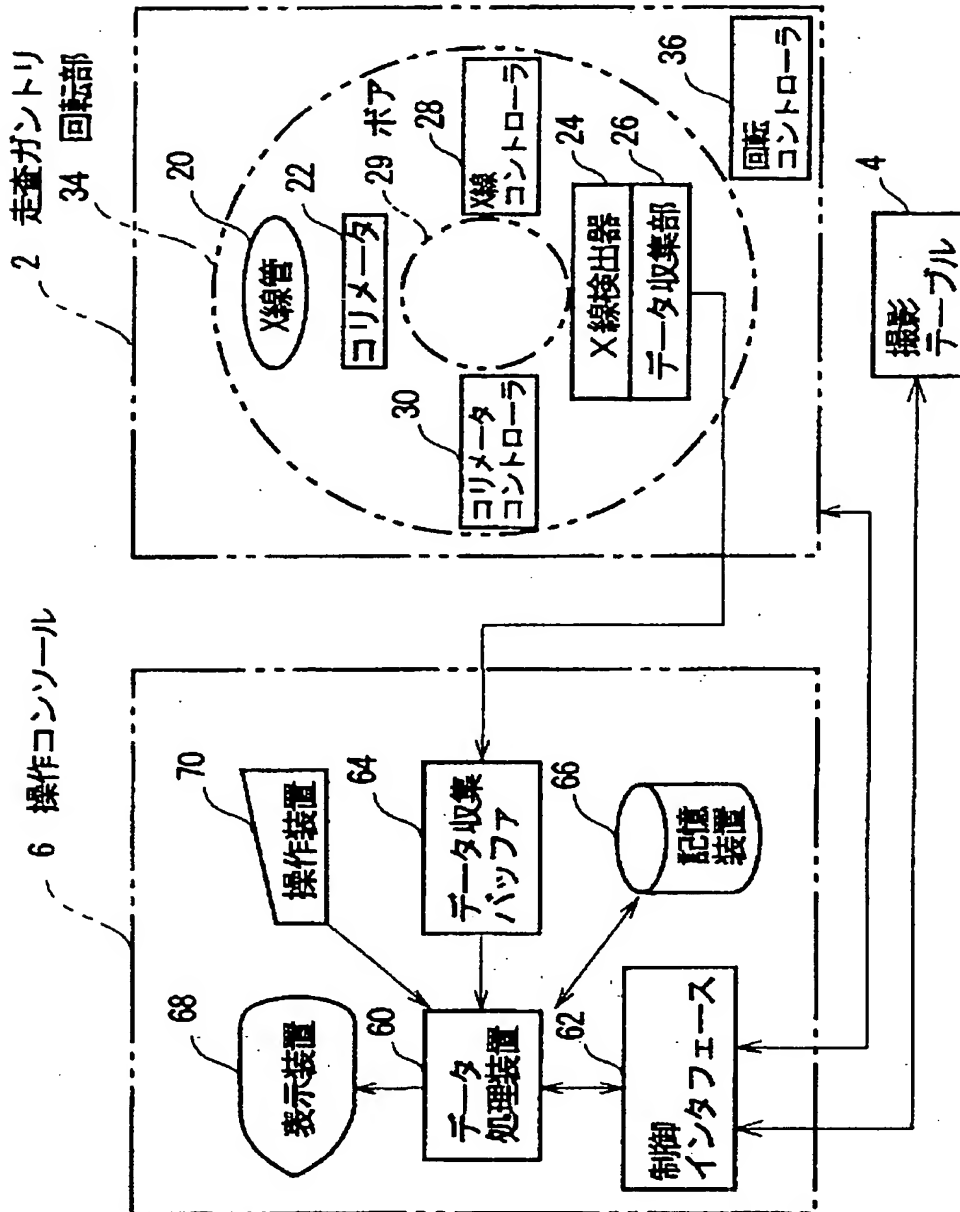
【符号の説明】

1…X線CT装置, 2…走査ガントリ, 4…撮影テーブル, 6…操作コンソール, 20…X線管, 22…コリメータ, 24…X線検出器, 26…データ収集部, 28…X線コントローラ, 29…ボア, 30…コリメータコンドローラ, 34…回転部, 36…回転コントローラ, 60…データ処理装置, 62…制御インタフェース, 64…データ収集バッファ, 66…記憶装置, 68…表示装置, 70…操作装置, 201…BH補正部, 202…第1のフィッティング部, 204…第2のフィッティング部, 205…補正係数修正部, 206…画像再構成部。

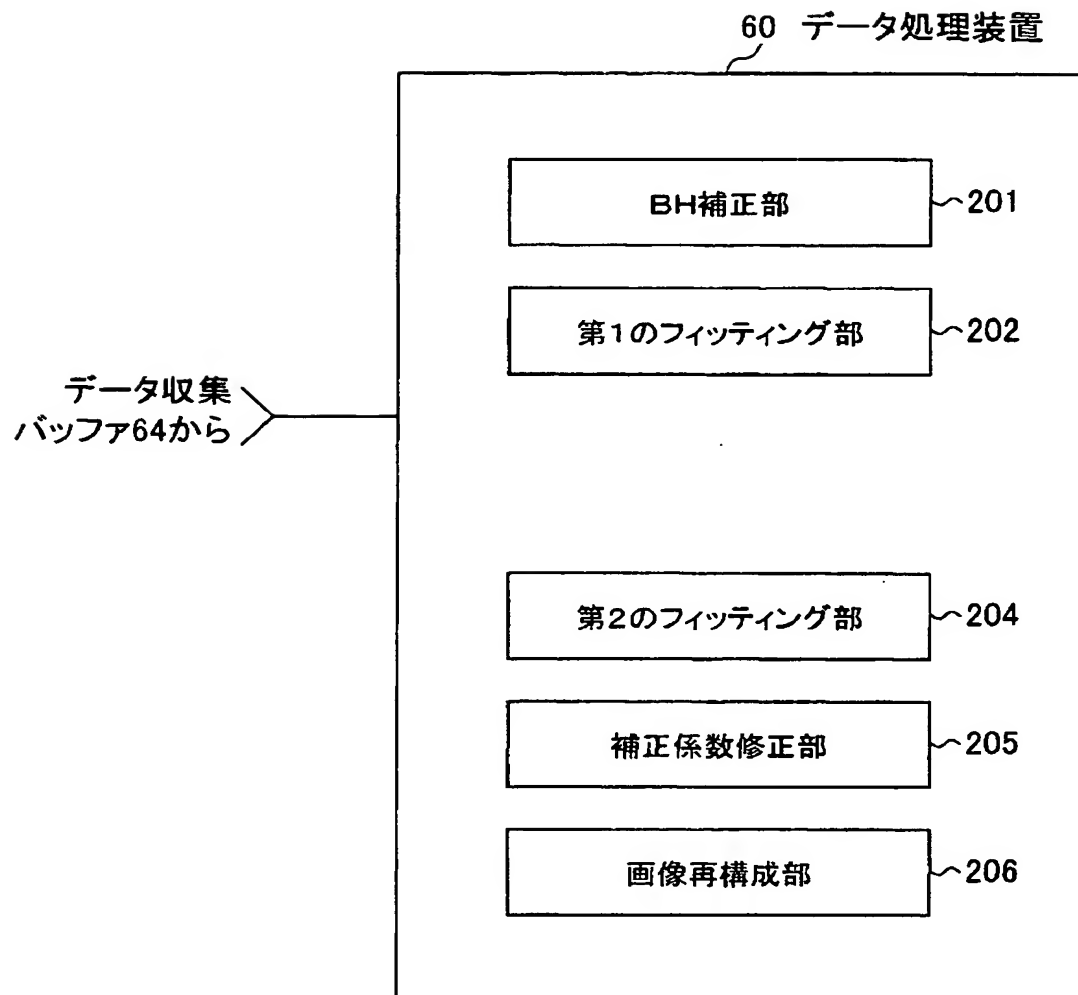
【書類名】

図面

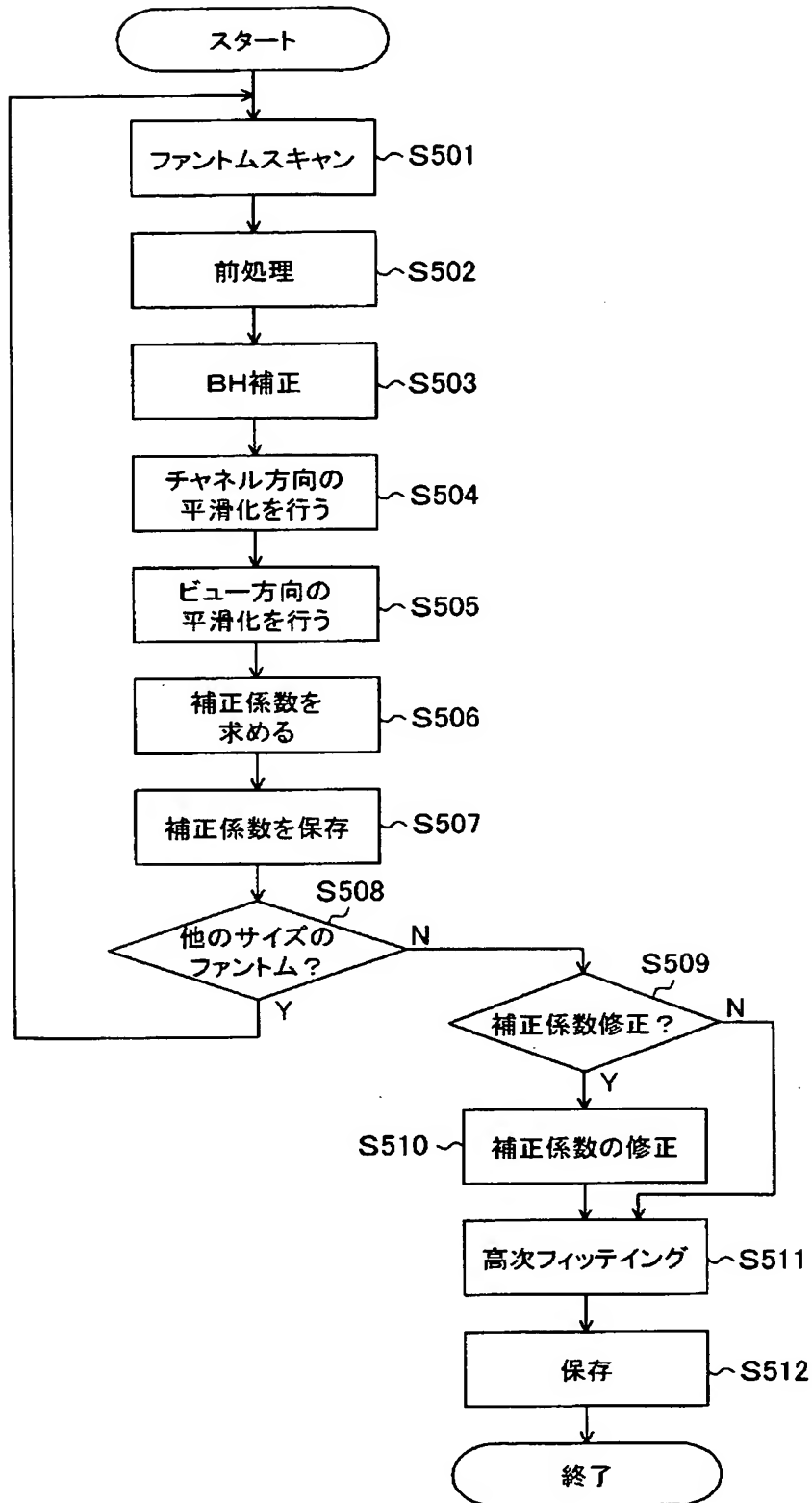
【図 1】



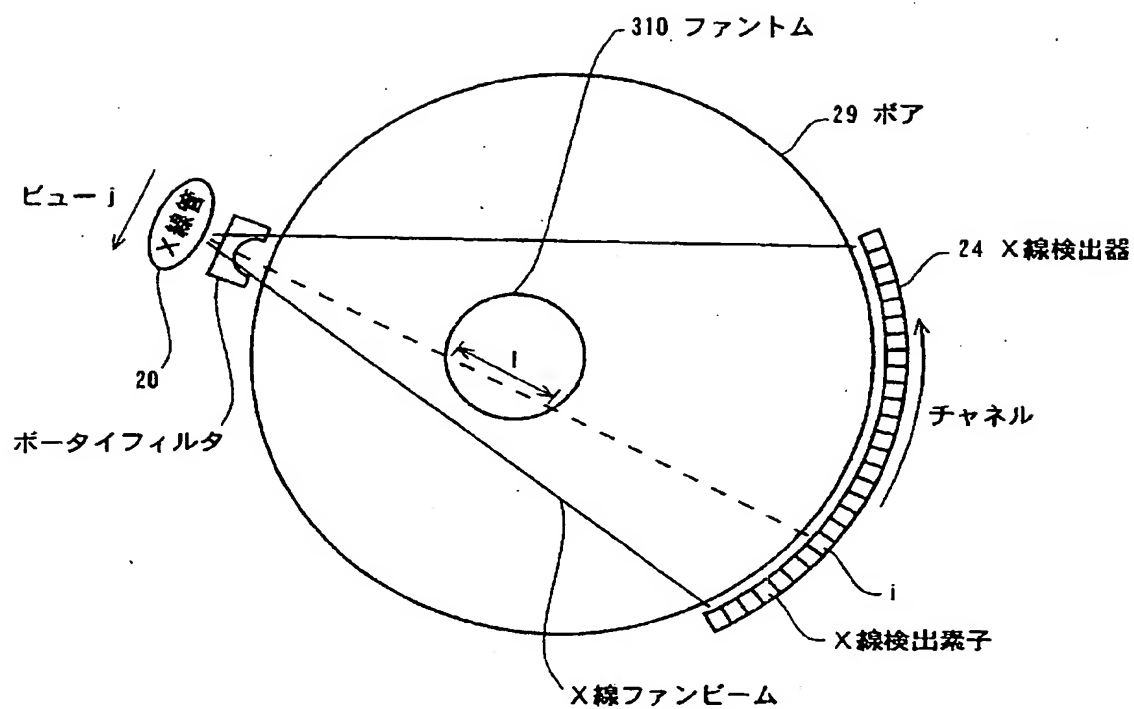
【図 2】



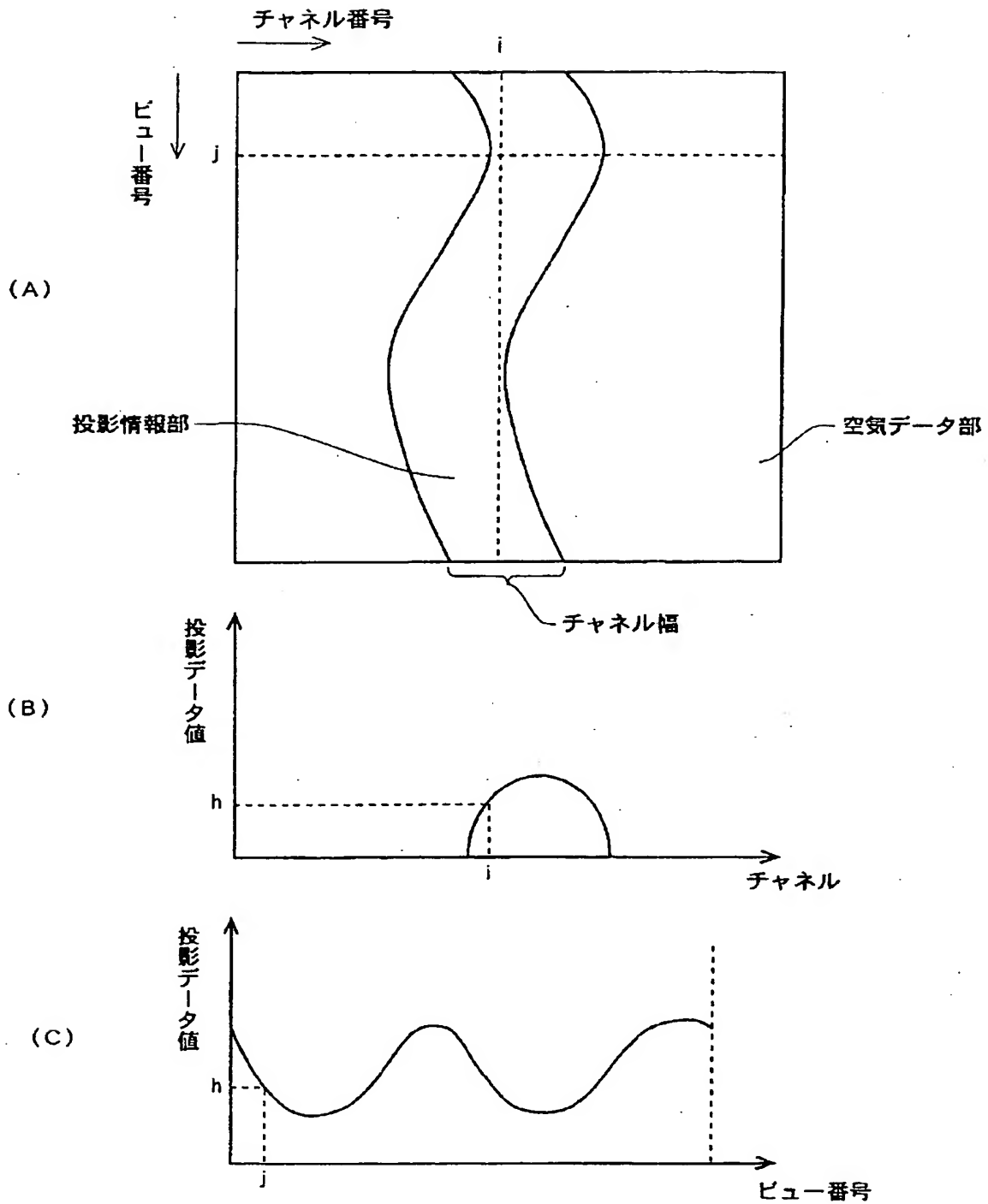
【図 3】



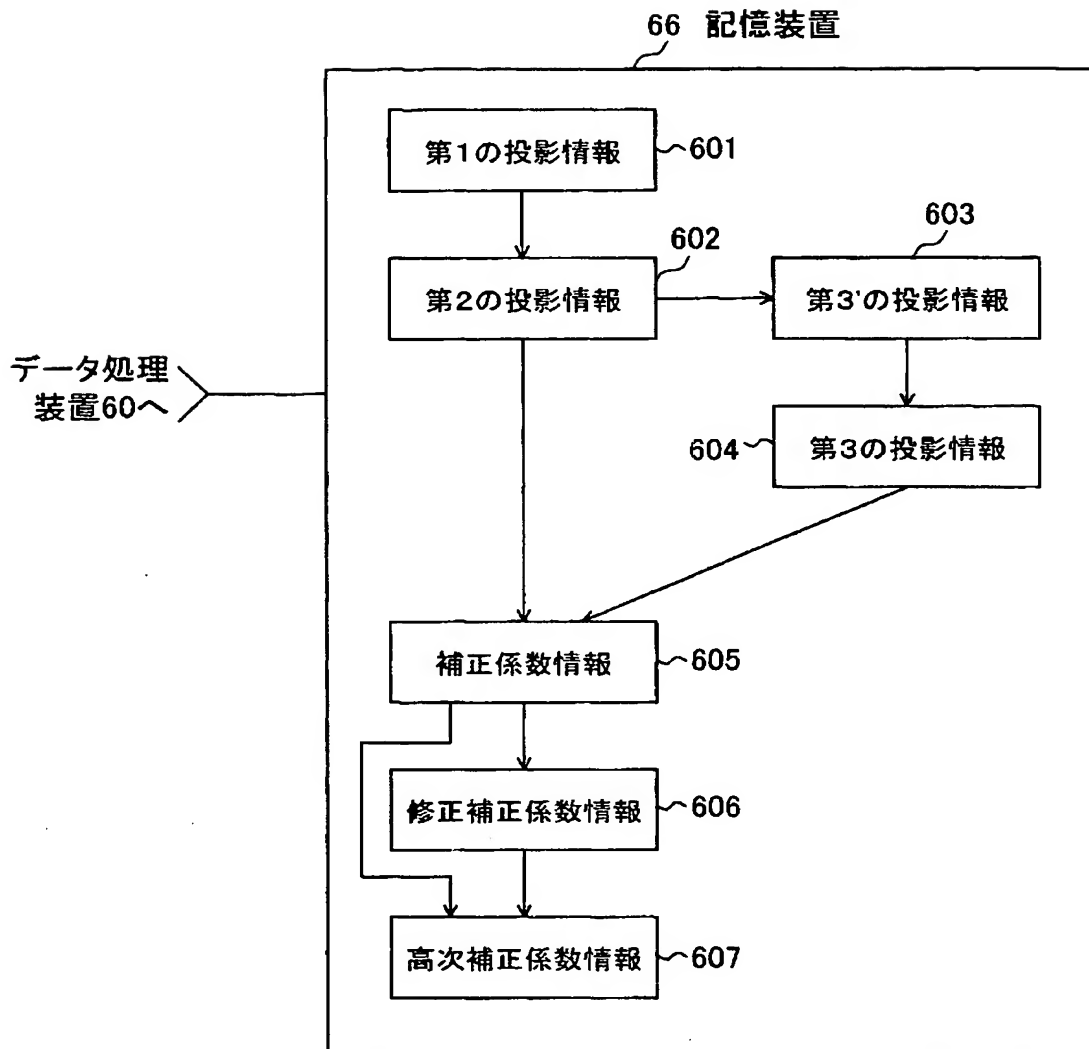
【図 4】



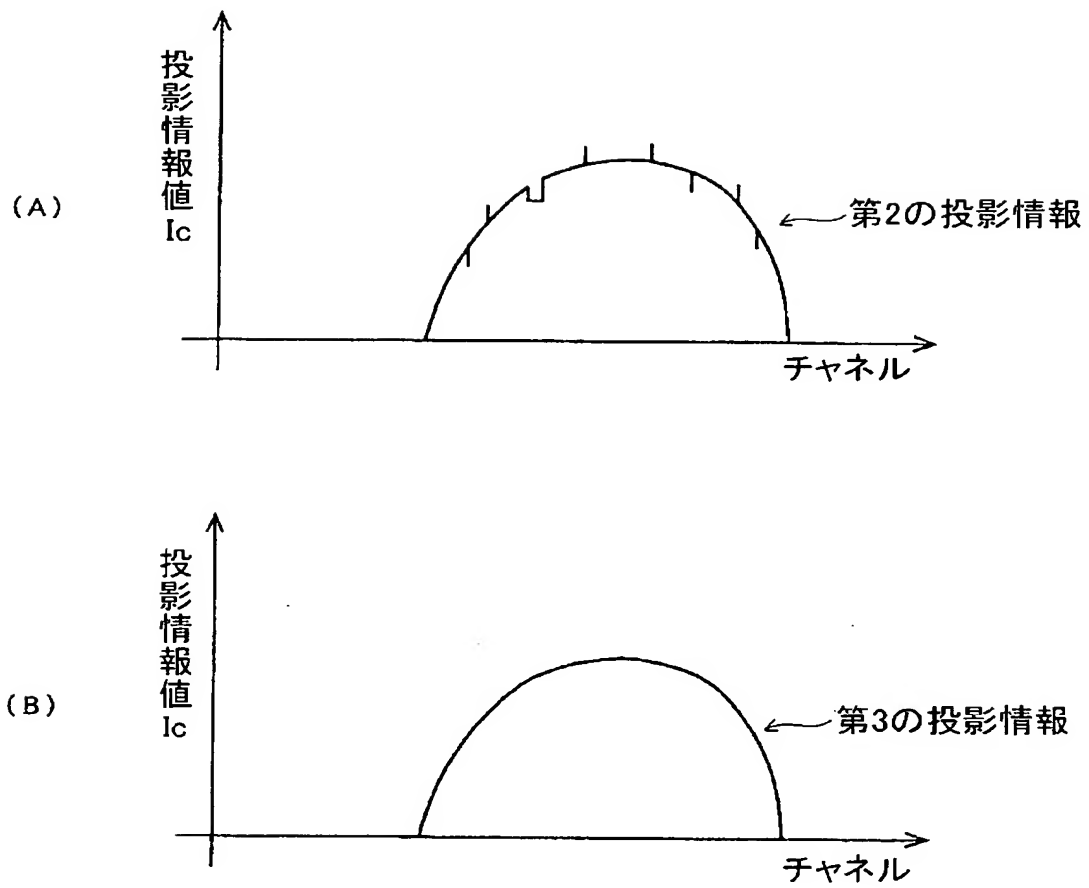
【図 5】



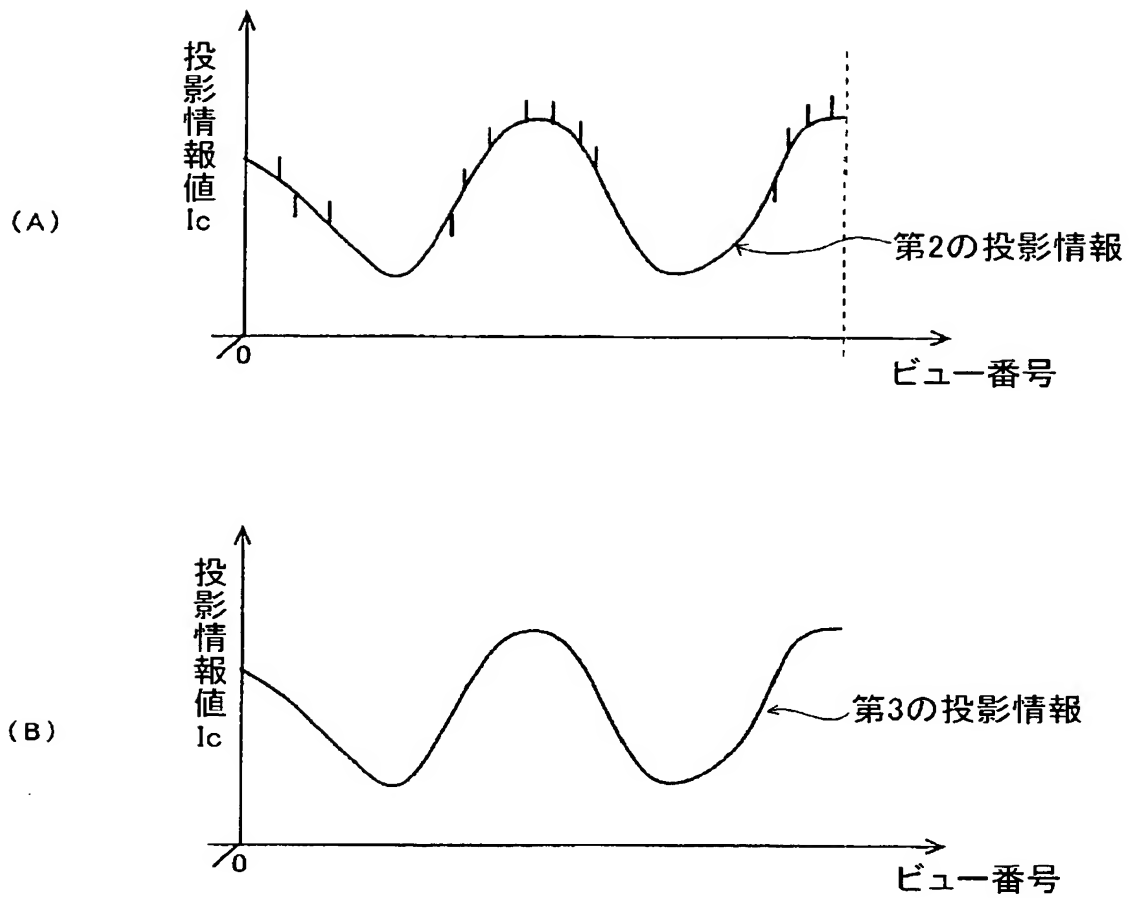
【図 6】



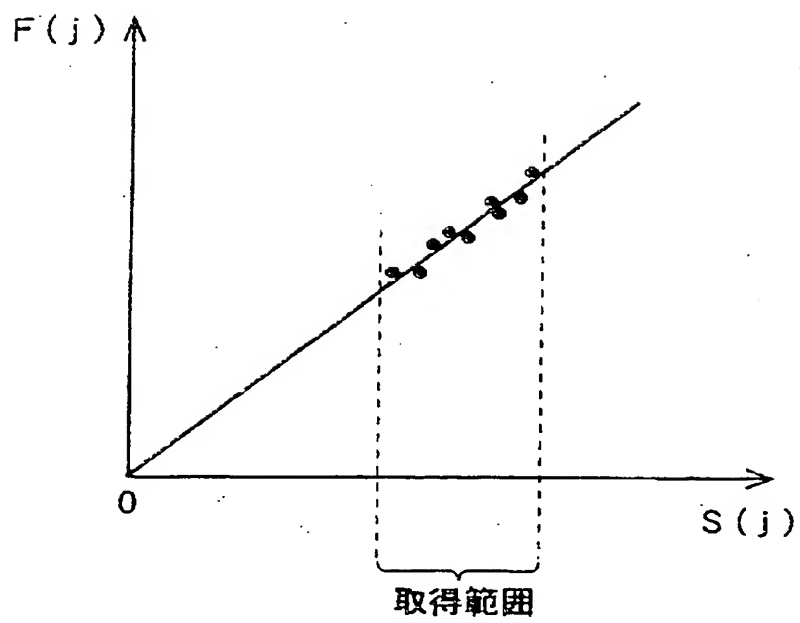
【図 7】



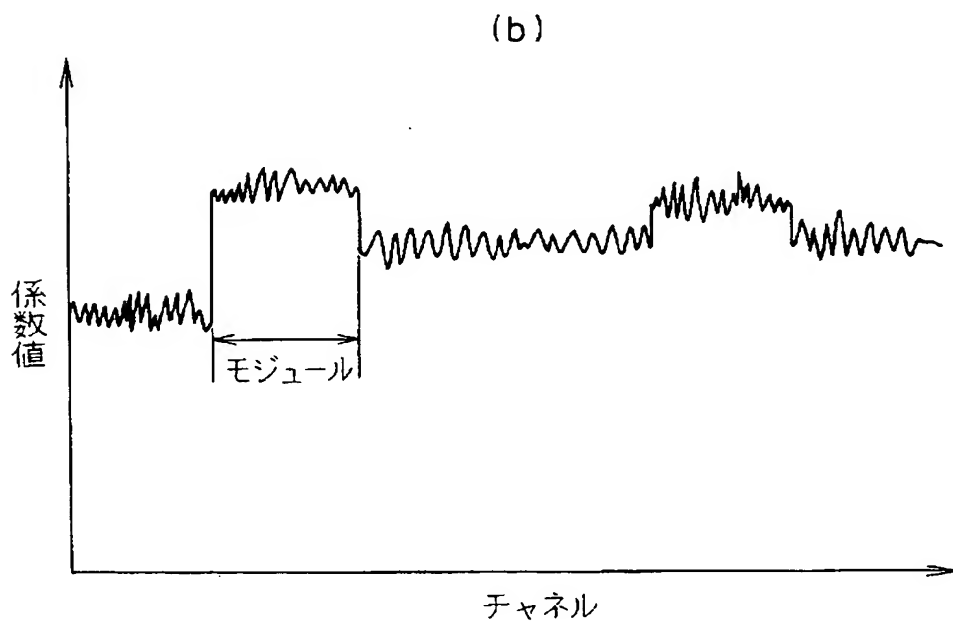
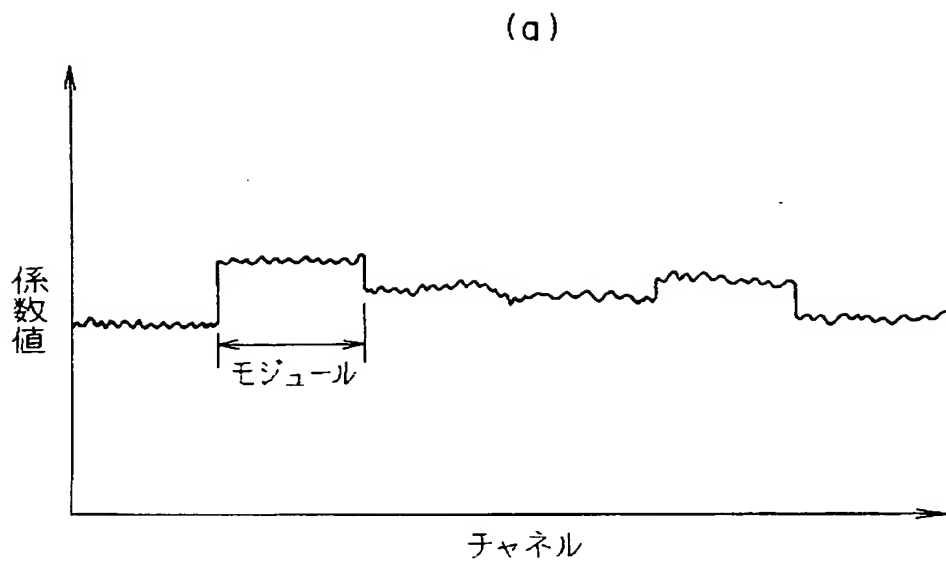
【図 8】



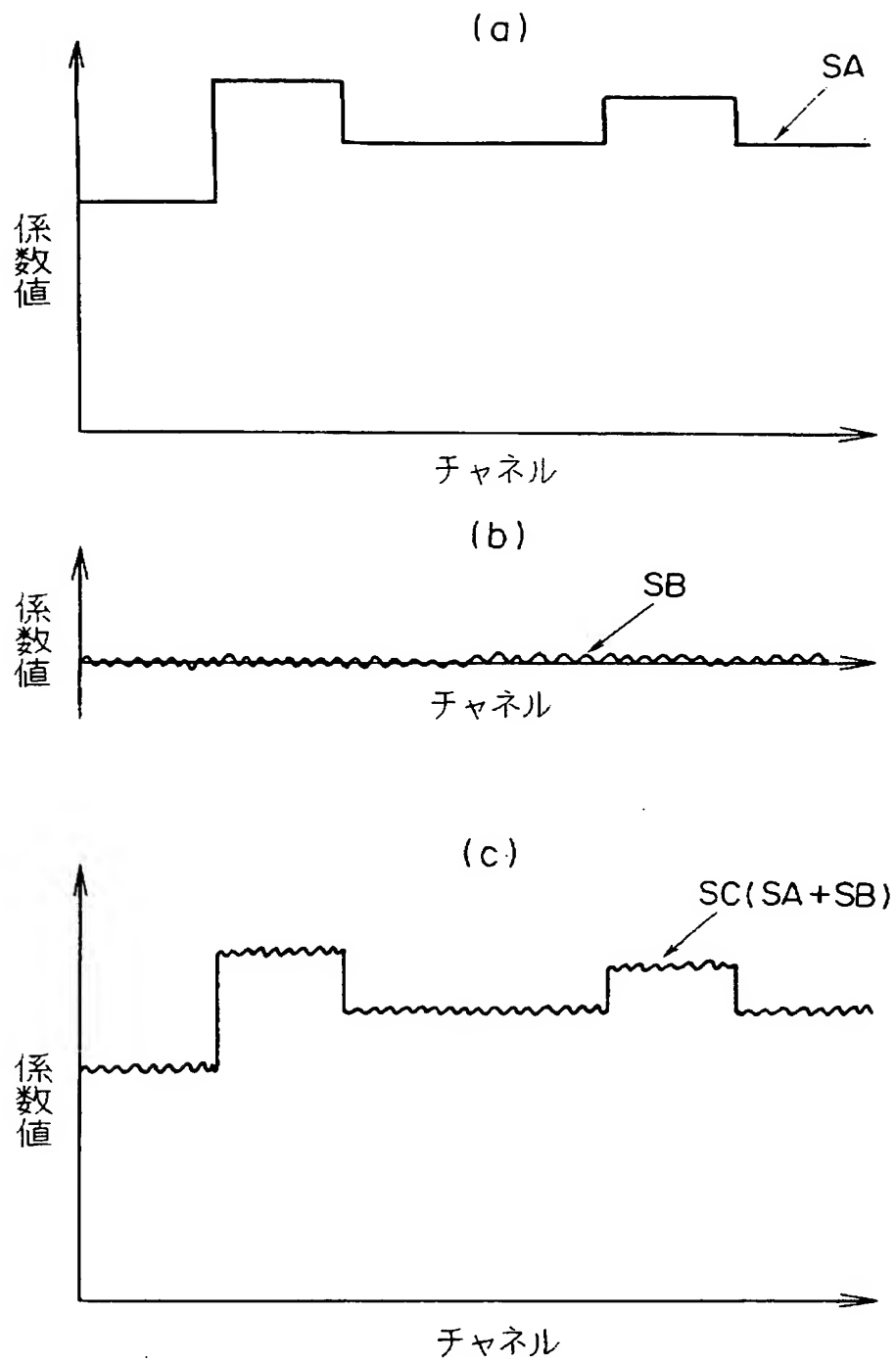
【図 9】



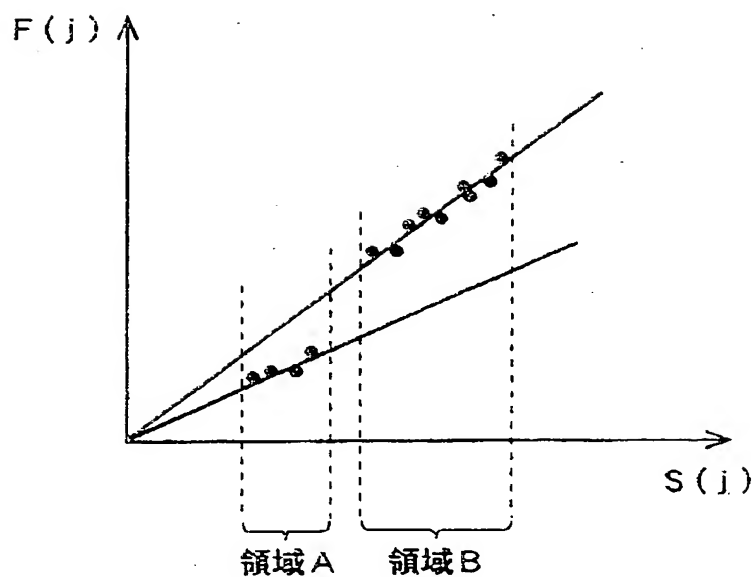
【図 10】



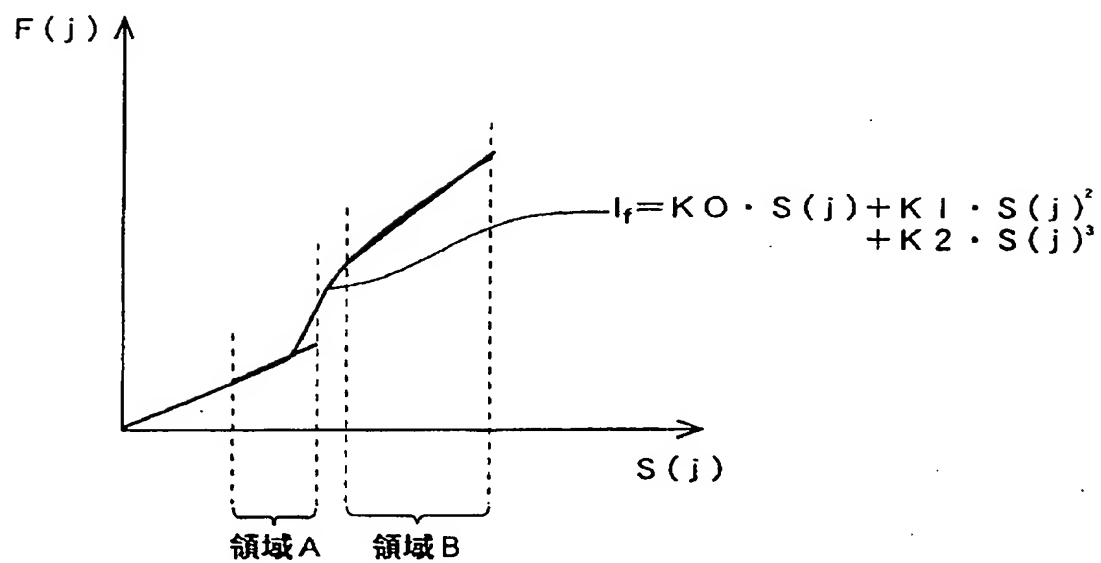
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 B H 効果のチャネルごとの補正を、比較的寸法の大きな被検体を撮影したときにおいても高精度化できる X 線 C T 装置を提供する。

【解決手段】 第 1 の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成するビームハードニング補正部 2 0 1 と、第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って第 3 の投影情報を生成する第 1 のフィッティング部 2 0 2 と、第 2 の投影情報を構成する各チャネルで、すべてのビューの第 2 の投影情報の値を独立変数とする第 3 の投影情報の値を第 2 の関数フィッティングして補正係数を求める第 2 のフィッティング部 2 0 4 と、第 1 のファントムについて生成された第 1 の補正係数を用いて、第 1 のファントムよりも寸法の大きい第 2 のファントムについて生成された第 2 の補正係数を修正する補正係数修正部 2 0 5 とを有する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 1 1 2 9 0 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 0 0 1 9 2 3 8]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 3 月 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ
・ノース・グランドヴュー・ブールバード・ダブリュー・7 1
0 ・3 0 0 0

氏 名

ジーイー・メディカル・システム・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー

2. 変更年月日

2 0 0 0 年 3 月 1 5 日

[変更理由]

名称変更

住 所

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ
・ノース・グランドヴュー・ブールバード・ダブリュー・7 1
0 ・3 0 0 0

氏 名

ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー